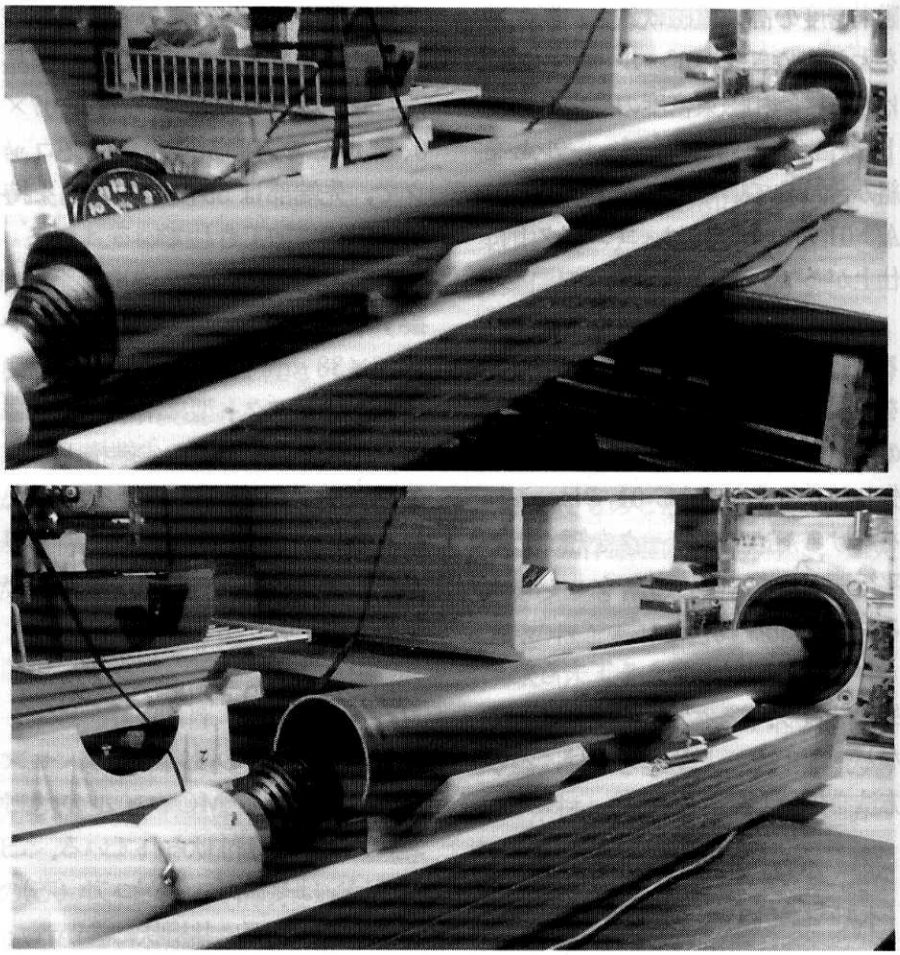
連載 オーディオ計測の散歩道

FFT分析で音の違いを見る

●筒の共鳴周波数を測る

■小倉幸一■



《写真A》筒の長さを1と2の比に変えて共鳴音を測定中

もう少しまわり道して共鳴実験

スピーカ・コードの線種の違いと音の違いをFFT 3次元表示で見てみようとする実験で，11月号では三角波と方形波ピップについて信号源のスペクトルを見たところで終わってしまいました．スピーカ・コーンの振動が大脳聴覚領で音（音楽）として認識される過程で，スピーカから耳までの空間（無響室でなく一般の部屋）は一種の共鳴箱とも考えられます．今月は，別用途で手元にある筒の共鳴の実験から紹介します．

実験の様子は**写真A1，A2**を見ていただくとして，筒などのデータからご紹介しましょう．

第1図に，筒と実験システムを示しました．筒はベーク製で長さ1mと0.5mの2本です．スライド台の上に1本をセットし，その両端をスピーカとマイクで挟んだものです．スピーカの音を筒を通して反対側で聴いてみるという単純実験で，部屋でスピーカの音を聴くのと空間的には違ってはいますが，空間での共鳴を模したものです．

スピーカからはスイープ信号を送ります．周波数は100 Hzから1 kHzで，スイープ時間は10秒です．マイク出力はメモリ・スコープ上に記録しました．このメモリ・スコープはブラウン管のスクリーンでのメモリ機能を使うもので，ディジタル式メモリではありません．長時間のスイープではサンプリング周波数との関係で忠実に波形（振幅特性）を示しません．**写真B**に10秒間のスイープ（200 Hz～2 kHz）での実例を示しました．

さて肝心のマイク出力ですが，**写真C**に長い筒(1 m)，**写真D**に短い50 cmの筒の結果を示しました．各写真でのピーク位置は，

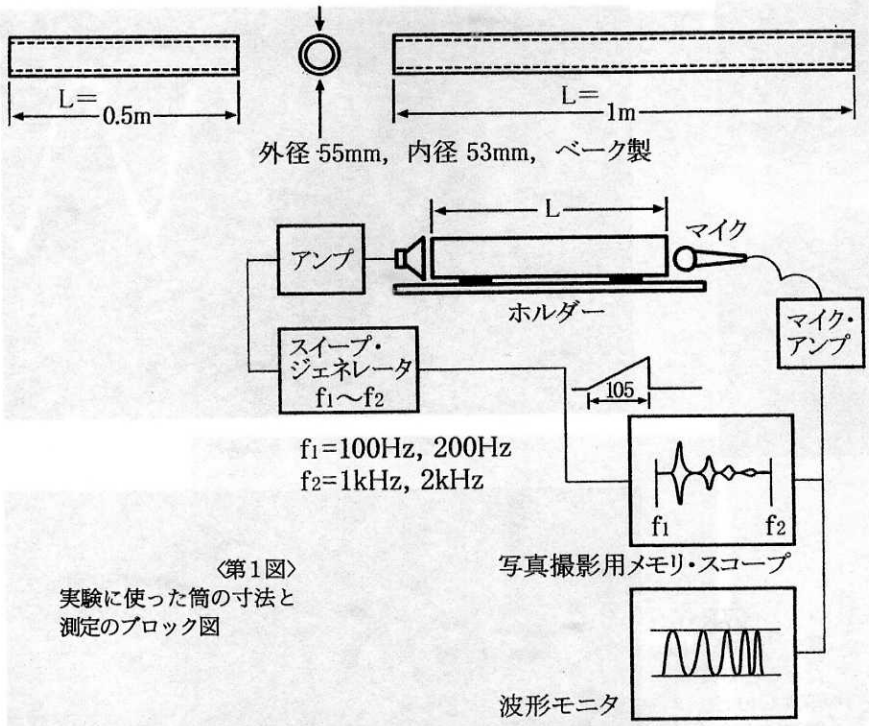
スイープ幅：100 Hzから1 kHz

スイープ・タイプ：Log

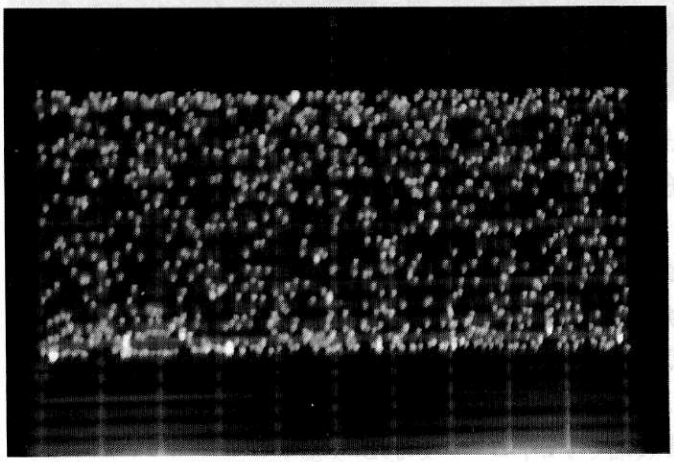
スイープ時間：10秒

から計算して**第1表**のとおりです．5個のピーク位置は，168 Hzを基準とすると，それぞれ1，2，3……となっています．

これはオシログラムをA4版に拡大コピーして寸法位置から算出し



〈第1図〉
実験に使った筒の寸法と測定のブロック図



《写真 B》
スイープ信号をディジタル・メモリに取り込んで表示すると，このようなことになることがある

たもので，小数2位の精度は見当づけのためだけです（念のため）．筒を耳にあてて外界の音を聴くと，それなりに選ばれた周波数の合成音が聴かれます．

同じく短い筒の結果を**写真 D** で見てみます．ピークの数は2個半といったところで，同じく周波数を**写真 D** から計算してみると，最初のピーク位置が長い筒の2個目のピーク位置と同じ周波数(342 Hz)になっています．そして，長い筒と同じパターンで，342 Hz を1とすれば，その2，3……倍の周波数にピークが出てきます．

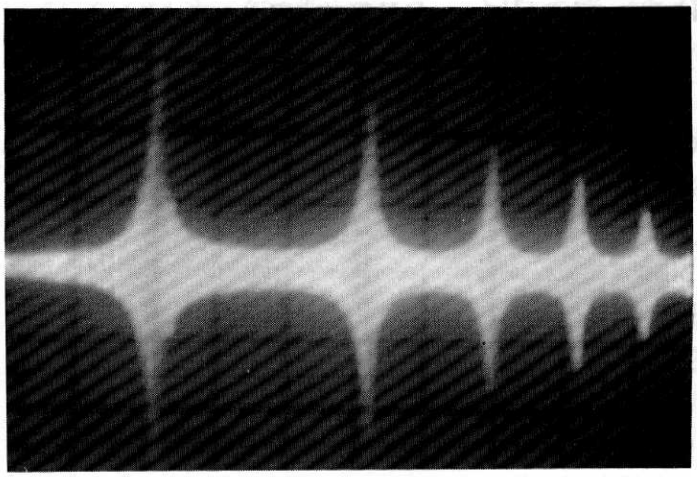
この短い方の筒でのより高い周波域のピーク位置を**写真 E** に示します．これはスイープ幅は同じく10倍で，周波数を 200 Hz～2 kHz としたものです．この写真のパターンは**写真 C** と同じになっています．ただしピークの Q(鋭さ)は下がっています．

筒の全体的サイズから類推すれば，スピーカのある部屋が小さい場合，そのピーク周波数は高くなるけれども，その影響は目立たなくなって（耳立たなく？）くることが考えられます．この筒を極端に長さ0とすれば，直接耳で聞いていることと同

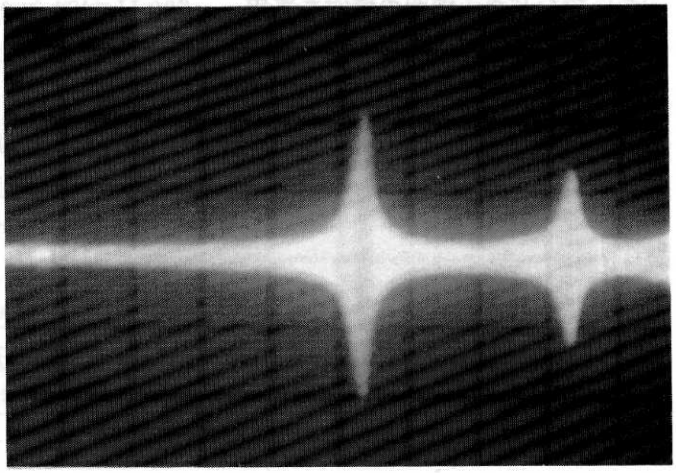
ピーク	1 m(f)	周波数比	0.5 m(f)	周波数比
1	168.5	1.0	343.2	1.0
2	342.4	2.03	691.4	2.01
3	510.5	3.02		
4	683.8	4.05		
5	848.7	5.03		

(注) f：Hz．ただし小数1位は拡大写真(A 4)から求めたもので，精度を表わしていない

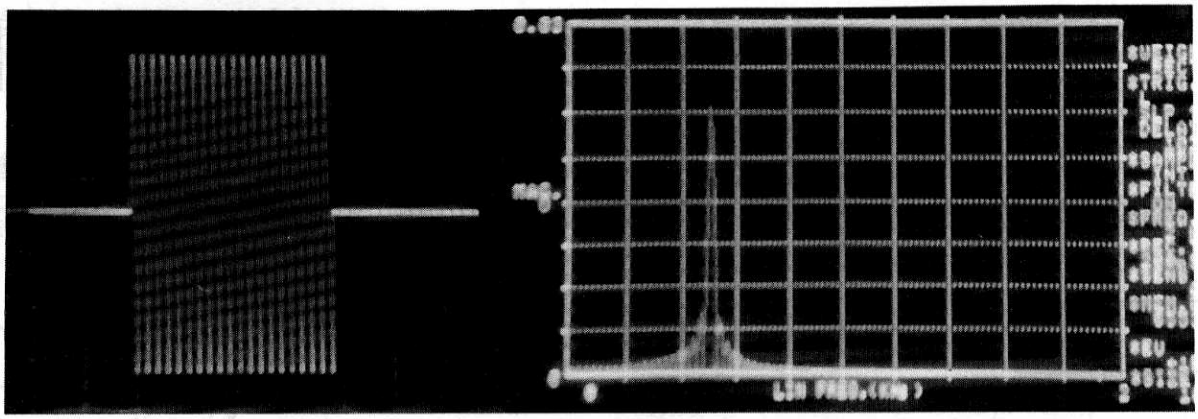
〈第1表〉筒の共鳴周波数と比



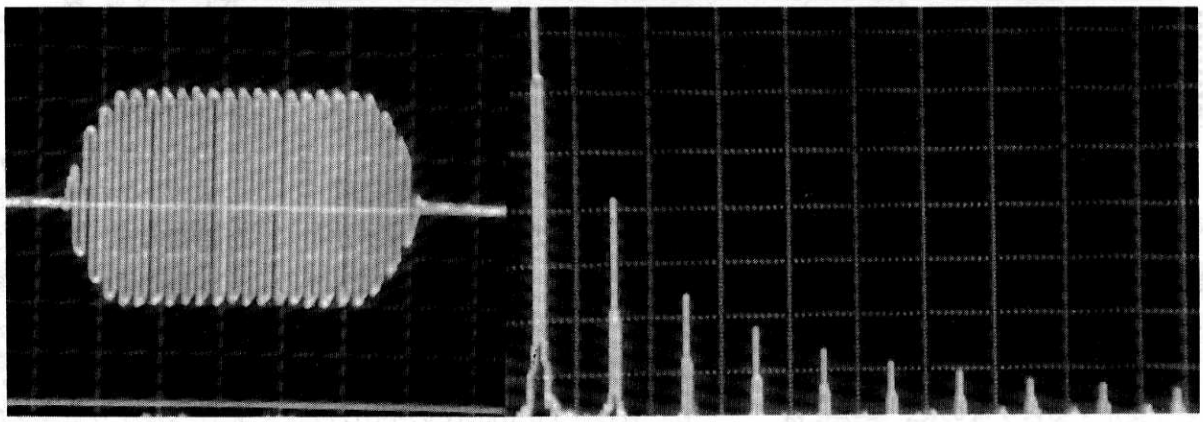
《写真 C》長い筒（1 m）に 200～2000 H を 10 秒間流したとき



《写真 D》短い筒（50 cm）に同じ信号を流したとき



《写真 I》
バースト波とそのスペクトル



《写真 J》
500 Hz ピップ波とそのスペクトル

う．答えは，

(A) 連続方形波

(B) 連続三角波

です．連続波と断わったのは，断続波たとえばバースト波の場合はまたスペクトルが変わってきます．バースト波とピップ波のスペクトルの違いを**写真 I, J** に示します．念のため，連続サイン波のスペクトルはその周波数のところに１本バーが立つだけです．

今月も長々と１年生程度の話が続いてしまいました．年の初めのスタートとしておきましょう．

スピーカ・コード差の試聴

前回までスピーカ・コード２種についての実験に加えて，もう１種コードを加えます．といっても，これはコードというよりエナメル線です．

このエナメル線の外見データを**第２表**に示します．これをよじらないでところどころエンパイヤ・チューブでまとめた程度でスピーカ・コードとします．電気的には抵抗値が上昇し，スピーカ出力が下がることになるわけですが，この補正はしないで実験へ入ります．

もっとも抵抗値が増加したとしても，絶対値が 0.1 Ω 以下ですから，SP のインピーダンス（数 Ω）に比べれば影響は“なし”です．

ちなみに，このエナメル線の抵抗は厳密にはインピーダンスです。というのも測定周波数が直流でなく１ kHz を使っているからです。一般に，低抵抗測定ではオームの法則の応用として，

電圧（V）＝抵抗（Ω）×電流（A）

を使い，被測定抵抗になるべく大電流を流して，小さな抵抗でも大きな電圧を得るようにしています。低抵抗測定器では，測定器からの電流を流す配線と被測定抵抗両端の電圧を測定器に導入する配線を別にしています。テスターのように＋，－２本の線では大電流を流すことによって

直 径	抵 抗
0.85 mΩ	70.4 Ω

〈第２表〉使用する 0.3 mmφエナメル線のデータ

この線自体に起こる電圧（V）も含めて計算してしまうことになるわけです。釈迦に説法の感じで蛇足でしたが，もとに戻ります。

まずはコードのちがいで“音”の違い，差を認識することが基本です．曲種，曲目，演奏家，演奏ホール，……など種々の演奏側（録音側）の条件を考慮しつつ，再生サイドの条件も勘案して試聴に努めました．切り替えも半自動としました．

しかし，コード差での音の違いを気分的にも確認できません．コード差での音の違いを実感しているところに同席させてもらうことにしました．乞うご期待．